



**TUGAS AKHIR - RF141501**

**IDENTIFIKASI PATAHAN LOKAL MENGGUNAKAN ANALISA  
MIKROTREMOR (STUDI KASUS: PATAHAN LOKAL SUNGAI  
SURABAYA)**

**NIZAR DWI RIYANTIYO**  
**NRP 3713100031**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Ir. Amien Widodo, M.S**  
**NIP. 19591010 198803 1002**

**Dr. Ayi Syaeful Bahri**  
**NIP. 19690906 199702 1001**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## **TUGAS AKHIR - RF141501**

### **IDENTIFIKASI PATAHAN LOKAL MENGGUNAKAN ANALISA MIKROTREMOR (STUDI KASUS: PATAHAN LOKAL SUNGAI SURABAYA)**

NIZAR DWI RIYANTIYO  
NRP 3713100031

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
NIP. 19591010 198803 1002

Dr. Ayi Syaeful Bahri  
NIP. 19690906 199702 1001

DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



**UNDERGRADUATE THESIS - RF141501**

**LOCAL FAULT IDENTIFICATION USING MICROTREMOR  
ANALYSIS (CASE STUDY: LOCAL FAULT IN SURABAYA RIVER)**

**NIZAR DWI RIYANTIYO**  
**NRP 3713100031**

Supervisors

**Dr. Ir. Amien Widodo, M.S**  
**NIP. 19591010 198803 1002**

**Dr. Ayi Syaeful Bahri**  
**NIP. 19690906 199702 1001**

**GEOFYSICAL ENGINNERING DEPARTMENT**  
**Faculty of Civil Engineering and Planning**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## LEMBAR PENGESAHAN

### IDENTIFIKASI PATAHAN LOKAL MENGGUNAKAN ANALISA MIKROTREMOR (STUDI KASUS: PATAHAN LOKAL SUNGAI SURABAYA)

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Jurusan Teknik Geofisika  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 6 Juli 2017

Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1

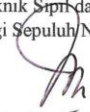
Dosen Pembimbing 2

The image shows the official purple circular stamp of Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). The stamp contains the text "KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN INFORMATIKA" at the top, "INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER" around the inner circle, and "FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN" and "DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA" at the bottom. Two handwritten signatures in black ink are placed over the stamp, one on the left and one on the right.

Dr. Ir. Amien Widodo, M.S      Dr. Ayu Syaeful Bahri, S.Si, MT  
NIP. 19591019 198803 1002      NIP. 19690906 199702 1001

Mengetahui,

Ketua Laboratorium Geofisika Teknik dan Lingkungan  
Jurusan Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya



Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
NIP. 19591019 198803 1002

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



# **IDENTIFIKASI PATAHAN LOKAL MENGGUNAKAN ANALISA MIKROTREMOR (STUDI KASUS: PATAHAN LOKAL SUNGAI SURABAYA)**

Nama Mahasiswa : Nizar Dwi Riyantiyo  
NRP : 3713100031  
Departemen : Teknik Geofisika FTSP-ITS  
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
: Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, M.Si

## **ABSTRAK**

Area penelitian dalam studi ini adalah kota Surabaya sebagai ibukota provinsi Jawa Timur. Penelitian ini akan difokuskan pada patahan lokal yang melintasi sungai kota Surabaya, karena sungai Surabaya dilintasi beberapa jembatan di Surabaya seperti Dinoyo, Jagir, jembatan layang Wonokromo dan bendungan gunung sari. Berdasarkan kondisi geologi kota Surabaya berupa cekungan endapan aluvial dan batu pasir dengan sedimen batu lempung dan gamping, serta dilewati oleh sesar Kendeng yang bergerak 5 milimeter per tahun. Dengan komposisi endapan sedimen yang ada di Surabaya, wilayah yang memiliki kondisi geologi berupa aluvial, tuff, dan batu pasir akan memiliki potensi bahaya yang besar terhadap intensitas getaran tanah akibat amplifikasi dan intensitas gempa. Sehingga tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui kondisi patahan lokal yang ada di sekitar sungai Surabaya, dimana ketika terkena guncangan gempa bumi dapat berpotensi bergerak dan dapat merusak infrastruktur disekitarnya. Metode yang digunakan dalam studi ini analisa *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr)* untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan kemudian akan diintegrasikan dengan nilai Vs30 untuk mendapatkan nilai kedalaman sedimen dan pada penelitian ini akan digunakan inversi HVSr untuk menggambarkan kondisi patahan lokal sungai Surabaya, sehingga dapat memprediksi zona bahaya disekitar patahan lokal sungai Surabaya.

Kata Kunci: Patahan Lokal, Mikrotremor, *Horizontal to Vertical Spectral Ratio*, Vs30, Kedalaman sedimen, Inversion HVSr

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# **LOCAL FAULT IDENTIFICATION USING MICROTREMOR ANALYSIS (CASE STUDY: LOCAL FAULT IN SURABAYA RIVER)**

Student Name : Nizar Dwi Riyantiyo  
NRP : 3713100031  
Department : Teknik Geofisika FTSP-ITS  
Supervisors : Dr. Ir. Amien Widodo, M.S  
: Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, M.Si

## **ABSTRACT**

*Region in this study is the capital city of Surabaya, East Java Province. This research will be focused on local fault that crosses the river city of Surabaya, because the river crossed by a bridge Surabaya in Dinoyo, Jagir, Wonokromo overpass bridge and dam Gunung Sari. Based on the geological conditions of the city of Surabaya in the form of alluvial basins and sandstone with clay and limestone sedimentary rocks, and crossed by fault Kendeng moving 5 millimeters per year. With the composition of sediment deposition in Surabaya, the region that has the geological conditions in the form of alluvial, tuff, sandstone and would have a great potential danger to intensity ground shaking due to amplification and the intensity of the earthquake. So the purpose of this study is to describe the local faults that exist around Surabaya river, which periodically if hit by an earthquake can move and cause damage to the existing infrastructure. The method used in this study using analysis of Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr) to determine the natural frequency response in the area and will be integrated with the data Vs30 to obtain the thickness of layers of sediment and in this research used inversion HVSr to imaging suburface condition of local fault Surabaya river, so as to determine the danger zones around the fault of the Surabaya local river.*

*Keywords: Local Fault, Mikrotremor, Horizontal to Vertical Spectral Ratio, Vs30, Sediment Thickness, Inversion HVSr*

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT karena atas rahmat-Nya sehingga laporan Tugas Akhir dengan judul “Identifikasi Patahan Lokal Menggunakan Analisa Mikrotremor (Studi Kasus: Patahan Lokal Kali Surabaya)”.

Pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bimbingan, bantuan, dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah, Mama, Mbak Wina, Balqis dan semua keluarga atas dukungan yang sangat besar selama penulis menjalani Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Amien Widodo, M.S dan Dr. Ayi Syaeful Bahri, S.Si, M.Si ,selaku pembimbing.
3. Bapak Akhmad Solikihin, selaku pembimbing dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) yang telah memberikan *support* data selama berlangsungnya pengerjaan Tugas Akhir
4. Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberikan data bor N-SPT Surabaya
5. Seluruh dosen dan pegawai administrasi Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
6. Teman-teman Teknik Geofisika ITS angkatan 2013 atas dukungannya.
7. Semua pihak yang tidak dapat dituliskan satu per satu oleh penulis, terima kasih banyak atas doa dan dukungannya.

Semoga Allah membalas semua kebaikan semua pihak. Penulis menyadari tentunya penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi penulis pribadi maupun bagi pembaca.

Surabaya, 5 Juli 2017

Nizar Dwi Riyantiyo  
NRP. 3713100031

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **PERNYATAAN KEASLIAN**

### **TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“Identifikasi Patahan Lokal Menggunakan Analisa Mikrotremor (Studi Kasus: Patahan Lokal Sungai Surabaya)”** adalah benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 5 Juli 2016

Nizar Dwi Riyantiyo

NRP 3713100031

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	17
1.1 Latar Belakang .....	17
1.2 Tujuan .....	18
1.3 Perumusan Masalah.....	19
1.4 Batasan Masalah.....	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	21
2.1 Teori gelombang elastik .....	21
2.1.1 Gelombang Badan.....	21
2.1.2 Gelombang permukaan (Surface Wave) .....	22
2.2 Mikrotremor .....	24
2.3 Karakteristik kurva HVSr .....	24
2.3.1 Variasi ketebalan lapisan.....	25
2.3.2 Variasi kecepatan gelombang geser .....	25
2.3.3 Variasi kecepatan gelombang primer .....	26
2.3.4 Variasi densitas .....	27
2.3.5 Variasi faktor kuasi P dan S .....	28
2.4 Parameter Analisa HVSr.....	29
2.4.1 Amplifikasi .....	29
2.4.2 Ketebalan Sedimen .....	30
2.5 Kepercayaan data .....	30

2.6 Klasifikasi <i>Eurocode 8</i> .....	31
2.7 Korelasi data n-spt dengan kecepatan geser.....	33
2.8 Penelitian terdahulu mengenai mikrozonasi kota Surabaya....	34
BAB III METODOLOGI .....	37
3.1 Data dan Perangkat Lunak .....	37
3.1.1 Data .....	37
3.1.2 Perangkat Lunak .....	39
3.2 Metodologi Penelitian .....	39
3.2.1 Pengolahan Data .....	39
4.1 Peta kontur frekuensi dominan dan ketebalan lapisan lunak.....	43
4.2 Penentuan parameter pemodelan kedepan.....	47
4.3 Hasil Inversi HVSR.....	48
4.4 Intepretasi hasil inversi HVSR .....	51
BAB V PENUTUP .....	58
5.1 Kesimpulan .....	58
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	60
BIODATA PENULIS .....	1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Geologi Surabaya (Sukardi, 1992) .....	17
Gambar 2.1 Gelombang primer (sumber: <a href="http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm">http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm</a> ).....	21
Gambar 2.2 Gelombang Sekunder (sumber: <a href="http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm">http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm</a> ).....	22
Gambar 2.3 Gelombang Rayleigh (sumber: <a href="http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm">http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm</a> ).....	23
Gambar 2.4 Gelombang Love (sumber: <a href="http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm">http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm</a> ).....	24
Gambar 2.5 Perbandingan HVSR model variasi ketebalan lapisan (Sungkono, 2011) .....	25
Gambar 2.6 Perbandingan HVSR model variasi kecepatan gelombang geser (Sungkono, 2011) .....	26
Gambar 2.7 Perbandingan HVSR model variasi kecepatan gelombang primer (Sungkono, 2011) .....	27
Gambar 2.8 Perbandingan HVSR model variasi kecepatan gelombang primer (Sungkono, 2011) .....	27
Gambar 2.9 Perbandingan HVSR model variasi faktor kuasi P (Sungkono, 2011) .....	28
Gambar 2.10 Perbandingan HVSR model variasi faktor kuasi S (Sungkono, 2011) .....	28
Gambar 2.11 Tabel kepercayaan data bersumber SESAME .....	31
Gambar 2.12 Konversi nilai N-SPT menjadi Vs (kecepatan geser). (Syaifuddin, 2016).....	34
Gambar 2.13 Peta persebaran frekuensi dominan kota Surabaya dengan frekuensi 0,5 – 2,7 Hz (Bahri, A S, 2016).....	35
Gambar 2.14 Peta persebaran frekuensi dominan area Gununganyar, Surabaya dengan frekuensi 0,9-1,7 Hz (Syaifuddin, dkk 2016).....	35
Gambar 3.1 Peta akuisisi mikrotremor dengan total 44 titik pengukuran .....	37
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data.....	40
Gambar 3.3 Kurva HV, frekuensi (sumbu X) dan amplifikasi (sumbu Y) pada titik pengukuran TA12 dengan nilai frekuensi dominan 2,6 Hz.....	41

Gambar 3.4 Tampilan GUI OpenHVSr (Ph.D. Samuel Bignardi, 2014)..... 42

Gambar 4.1 Lokasi fokus penelitian (kotak merah) dan lingkaran hijau merupakan patahan lokal yang berada sejajar dengan sungai Surabaya. .... 43

Gambar 4.2 Peta Frekuensi dominan overlay dengan peta geologi daerah penelitian dengan frekuensi terendah 2,1 Hz (berwarna hitam) hingga 4 Hz (berwarna putih). .... 44

Gambar 4.3 Regresi linier antara kecepatan geser ( $V_s$ ) dengan kedalaman wilayah Surabaya timur (Gunung Anyar). Dengan  $V_0 = 49,278$  m/s 45

Gambar 4.4 Regresi linier antara kecepatan geser ( $V_s$ ) dengan kedalaman wilayah Surabaya barat (komplek perumahan Ciputra). Dengan  $V_0 = 177,73$  m/s..... 45

Gambar 4.5 Peta Kedalaman Sedimen overlay dengan peta geologi daerah penelitian dengan kedalaman 15 meter (berwarna hijau) hingga 80 meter (berwarna biru)..... 46

Gambar 4.6 Hasil Kurva Inversi titik TA12 dengan nilai RMS 1,18. Garis hitam mewakili kurva HVSR dan garis biru mewakili kurva hasil estimasi kurva HVSR dari model awal yang ditentukan sebelumnya. 50

Gambar 4.7 Hasil inversi HVSR pada sayatan pertama dengan kedalaman maksimal 150 meter dan nilai kecepatan geser ( $V_s$ ) 0-800 m/s ..... 54

Gambar 4.8 Hasil inversi HVSR pada sayatan kedua dengan kedalaman maksimal 150 meter dan nilai kecepatan geser ( $V_s$ ) 0-800 m/s ..... 55

Gambar 4.9 Hasil inversi HVSR pada sayatan kedua dengan kedalaman maksimal 150 meter dan nilai kecepatan geser ( $V_s$ ) 0-800 m/s ..... 56

Gambar 4.10 Kemenerusan patahan lokal dari profil  $V_s$  dengan garis merah merupakan patahan yang berefrensi dari peta geologi Lembar Surabaya dan Sapuluh (Sukardi, 1992) ..... 57

## DAFTAR TABEL

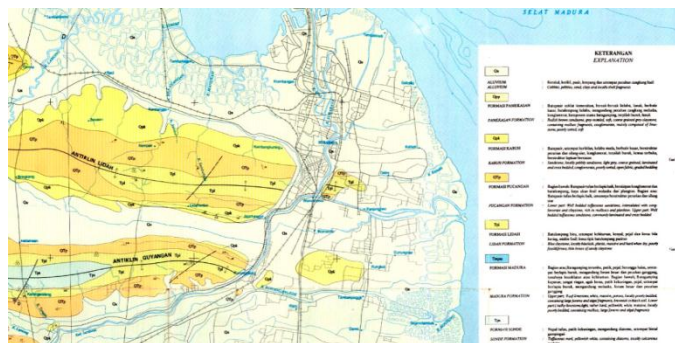
Tabel 2.1 Ketentuan SESAME hubungan durasi dan ekspektasi $f_0$ .....	30
Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah sesuai <i>Eurocode 8</i> .....	31
Tabel 4.1 <i>Empirical values for <math>\gamma</math>, of cohesive soils based on the standard penetration number, (from Bowels, Foundation Analysis). (<a href="http://www.geotechnicalinfo.com/soil_unit_weight.html">http://www.geotechnicalinfo.com/soil_unit_weight.html</a>)</i> .....	47
Tabel 4.2 Parameter model untuk kondisi geologi batuan Aluvial dengan referensi data bor N-SPT Gunung Anyar, Surabaya. ....	48
Tabel 4.3 Parameter model untuk kondisi geologi antiklin Lidah dan Gayungan dengan referensi data bor N-SPT kompleks perumahan Citraland, Surabaya. ....	48
Tabel 4.4 Hasil inversi berupa parameter bawah permukaan pada titik TA12 .	50

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Wilayah pada studi ini adalah kota Surabaya yaitu patahan lokal yang melintasi sungai Surabaya, karena disekitar patahan lokal melintasi jembatan layang Wonokromo, Dinoyo, Jagir, bendungan Gunung Sari, dan bendungan Jagir. Berdasarkan kondisi geologi kota Surabaya berupa cekungan endapan aluvial dan batu pasir dengan sedimen batu lempung dan gamping, serta dilewati oleh sesar Kendeng yang bergerak 5 milimeter per tahun, sesar Lasem berada di utara kota Surabaya  $\pm 70$ km, sesar Watukosek di selatan Surabaya membentang dari Mojokerto hingga Madura  $\pm 30$  km, sesar Grindulu berada di pantai selatan Pacitan sampai Mojokerto  $\pm 50$  km. Dengan komposisi endapan sedimen yang ada di Surabaya, wilayah yang memiliki kondisi geologi berupa aluvial, tuff, dan batu pasir akan memiliki potensi bahaya yang besar terhadap intensitas getaran tanah akibat amplifikasi dan intensitas gempa (Nakamura *et al*).



Gambar 1.1 Peta Geologi Surabaya (Sukardi, 1992)

Gempa bumi merupakan bencana alam yang tidak dapat diprediksi kapan waktu kejadiannya, namun dapat dilakukan pengurangan resiko ketika terjadi bencana gempa dengan melakukan studi geologi daerah sekitar yang memiliki potensi terjadi gempa bumi. Dari data BMKG ada beberapa kejadian

gempa bumi yang terjadi di sekitar kota Surabaya yaitu 22 Maret 1836 di kota Mojokerto, 31 Agustus 1902 Sedayu di kota Gresik, 11 Agustus 1939 barat laut dari Laut Jawa, 19 Juni 1950 barat laut dari Laut Jawa, 19 Februari 1967 di daerah Malang, 14 Oktober 1972 daerah Trenggalek, dan 11 Oktober 2008 di daerah Ponorogo. Untuk mengurangi resiko bencana yang ada, maka dilakukan pengukuran mikrotremor dengan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) di Kota Surabaya untuk memetakan lokasi rawan kerusakan akibat gempa (peta *mikrozonasi*). Menurut Nakamura (1989) mengusulkan metode HVSr untuk mengestimasi frekuensi natural dan amplifikasi geologi setempat dari data mikrotremor. Perkembangan selanjutnya, metode ini mampu untuk mengestimasi indeks kerentanan tanah (Nakamura, 1997), indeks kerentanan bangunan (Sato et al., 2008; Triwulan et al., 2010) dan interaksi antara tanah dan bangunan (Gallipoli et al., 2004; Triwulan et al., 2010). Kelebihan dari metode mikrotremor ini, merupakan metode yang efektif murah dan ramah lingkungan sehingga dapat digunakan di area permukiman warga.

Sudah ada beberapa penelitian yang mengangkat tema mengenai Mikrozonasi kota Surabaya dengan hasil peta kerentanan tanah dan bangunan. Dari hasil penelitian tersebut memiliki hasil dengan kecenderungan bahwa area yang memiliki tingkat kerentanan tinggi berada di wilayah bagian timur kota Surabaya. Yang kemudian pada penelitian ini difokuskan pada patahan lokal yang memiliki jenis batuan yang sama dengan wilayah timur Surabaya yaitu Aluvial.

## 1.2 Tujuan

1. Mengetahui persebaran frekuensi dominan di wilayah timur kota Surabaya dengan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr).
2. Mengetahui kenampakan 2-D perlapisan permukaan pada patahan lokal sungai Surabaya menggunakan inversi HVSr.



### **1.3 Perumusan Masalah**

Adapun masalah yang dihadapi pada pelaksanaan Tugas Akhir ini antara lain adalah:

1. Bagaimana persebaran nilai frekuensi dominan di wilayah timur kota Surabaya dengan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr)?
2. Bagaimana kenampakan 2-D bawah permukaan pada patahan lokal sungai Surabaya menggunakan inversi HVSr?

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dari penelitian ini antara lain:

2. Menggunakan 2 (dua) data mikrotremor yang merupakan data sekunder yang dimiliki oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) dan data penelitian sebelumnya (Bahri. AS, 2016)
3. Melakukan akuisisi data tambahan, dengan jumlah titik 40 titik pengukuran. Dimana data tersebut memotong patahan lokal sungai Surabaya
4. Menggunakan software EasyHVSr untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan dan amplifikasi.
5. Menggunakan Software OpenHVSr yang dikembangkan oleh (Ph.D. Samuel Bignardi, 2014) untuk melakukan inversi 2-D Mikrotremor H/V Spektra.

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Teori gelombang elastik

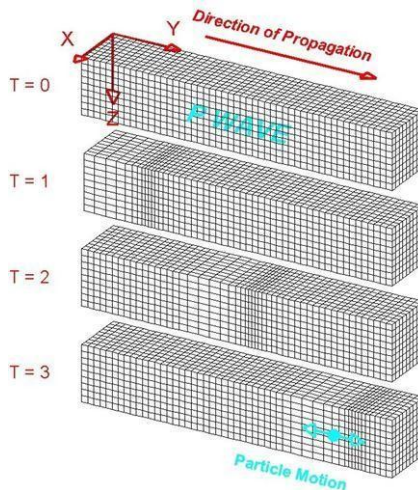
Gelombang elastis berdasarkan tipe gelombangnya dibagi menjadi dua yaitu gelombang badan (body wave) dan gelombang permukaan (surface wave).

#### 2.1.1 Gelombang Badan

Berdasarkan sifat gerakan partikel mediumnya, maka gelombang badan dibagi menjadi dua, yaitu gelombang P dan gelombang S. Gelombang Primer (P) disebut juga sebagai gelombang kompresi atau gelombang longitudinal. Gerakan partikel pada gelombang ini searah dengan arah penjalaran gelombang.

Persamaan Gelombang P dituliskan sebagai :

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (2.1)$$

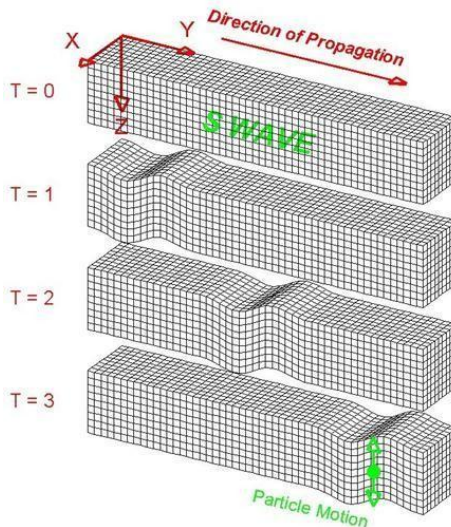


Gambar 2.1 Gelombang primer (sumber: <http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm>)

Gelombang shear (S) disebut juga gelombang sekunder yang kecepatannya lebih rendah dari gelombang P. Gelombang ini disebut juga gelombang S atau transversal memiliki gerakan partikel yang berarah tegak lurus terhadap penjalaran gelombang. Jika arah gerakan partikel merupakan bidang horisontal, maka gelombang S disebut gelombang S horisontal (SH) dan jika pergerakan partikelnya vertikal, maka gelombang tersebut disebut gelombang S vertikal (SV).

Persamaan Gelombang S dituliskan sebagai :

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.2)$$



Gambar 2.2 Gelombang Sekunder (sumber: <http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinkv/slinkv.htm>)

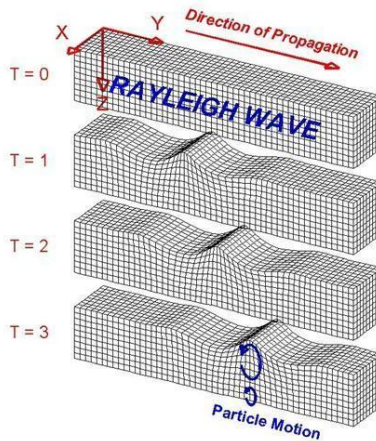
### 2.1.2. Gelombang permukaan (Surface Wave)

Gelombang permukaan merupakan gelombang yang memiliki amplitudo besar dan frekuensi rendah yang menjalar pada permukaan bebas (free surface). Berdasarkan sifat gerakan partikel mediumnya maka

gelombang permukaan dibagi 2 yaitu gelombang Rayleigh dan Gelombang Love.

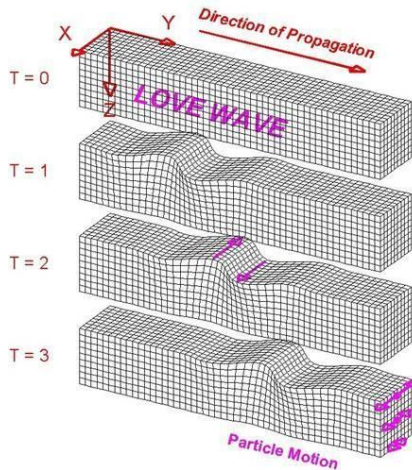
*Gelombang Rayleigh* merupakan gelombang permukaan yang gerakan partikelnya merupakan kombinasi gerakan partikel gelombang P dan S, yaitu berbentuk *ellips*. Sumbu mayor *ellips* tegak lurus dengan permukaan dan sumbu minor sejajar dengan arah penjaran gelombang. Kecepatan gelombang Rayleigh dapat dituliskan sebagai :

$$V_r = 0.09194 \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (2.3)$$



Gambar 2.3 Gelombang Rayleigh (sumber: <http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm>)

*Gelombang Love* merupakan gelombang permukaan yang menjalar dalam bentuk gelombang transversal. Gerakan partikelnya mirip dengan gelombang S, kecepatan penjarannya bergantung dengan panjang gelombangnya dan bervariasi sepanjang permukaan.



Gambar 2.4 Gelombang Love (sumber: <http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm>)

## 2.2 Mikrotremor

Mikrotremor merupakan metode geofisika seismik pasif. Pada dasarnya metode ini mengukur frekuensi natural yang dihasilkan oleh getaran yang ada didalam bumi. Frekuensi natural merupakan frekuensi dasar suatu tempat dalam menjalankan getaran atau gelombang.

Nilai frekuensi yang didapatkan dari hasil pengukuran berbeda, untuk ( $<1$  Hz) frekuensi natural yang ditangkap dari alam dalam skala global, (1-5 Hz) frekuensi yang didapat secara lokal dari alam dan manusia (kepadatan penduduk), dan ( $>5$  Hz) akibat adanya aktifitas manusia. Periode yang dimiliki oleh gelombang mikrotremor secara umum antara 0,05-2 detik dan terpanjang adalah 5 detik. Untuk nilai amplitudo berkisar 0,7-2 mikron. Dalam aplikasinya mikrotremor dapat digunakan untuk perancangan infrastruktur, penyelidikan kerentanan bangunan terhadap gempa.

## 2.3 Karakteristik kurva HVSr

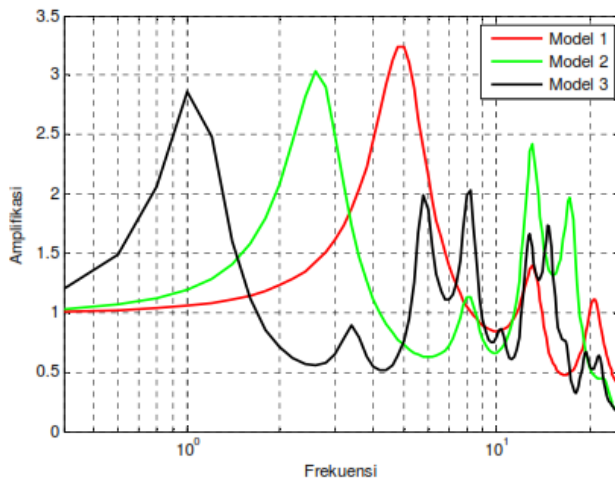
Seperti yang telah di tuliskan oleh Sungkono (2011) bahwa menurut Bonnefoy-Cludet et al. (2006) berdasarkan tinjauan pustaka, gelombang mikrotremor tersusun atas gelombang Rayleigh dan Love dengan proporsi

tertentu.. Sebab, microtremor bersumber pada gelombang laut, angin, getaran akibat aktifitas gunung, dan getaran akibat aktifitas manusia (Bonney-Caludet et al., 2006). Konno dan Ohmachi (1998) memaparkan bahwa walaupun microtremor didominasi oleh gelombang permukaan (Rayleigh dan Love), namun HVSr yang dikenalkan oleh Nakamura (1989) merepresentasikan karakteristik setempat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sungkono (2011), tentang karakteristik kurva HVSr, yang berguna untuk desain inversi kurva HVSr.

### 2.3.1 Variasi ketebalan lapisan.

Hasil memperlihatkan bahwa ketebalan lapisan *bedrock* memiliki pengaruh pada nilai frekuensi dan nilai amplifikasi. Nilai kedalaman sedimen berbanding terbalik dengan nilai frekuensi dominan.

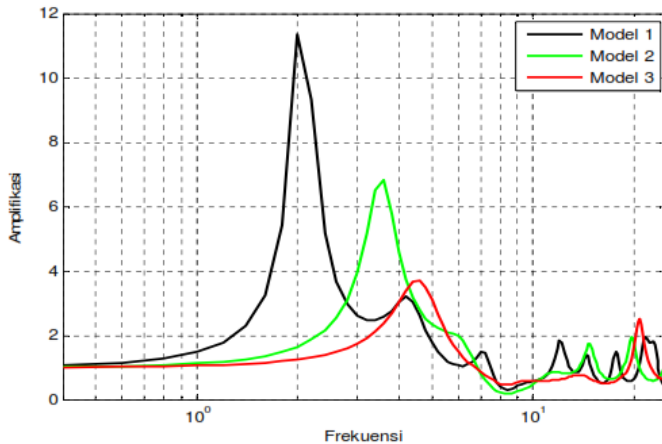


Gambar 2.5 Perbandingan HVSr model variasi ketebalan lapisan (Sungkono, 2011)

### 2.3.2 Variasi kecepatan gelombang geser

Hasil memperlihatkan bahwa kecepatan gelombang geser memiliki pengaruh pada nilai frekuensi dan nilai amplifikasi. Amplifikasi model 1 paling tinggi dan diikuti oleh model 2, 3 dengan nilai lebih rendah. Kemudian pengaruh terhadap frekuensi memiliki respon yang sama. Ini

disebabkan oleh nilai rata-rata kecepatan gelombang geser model 1 < model 2 < model 3.

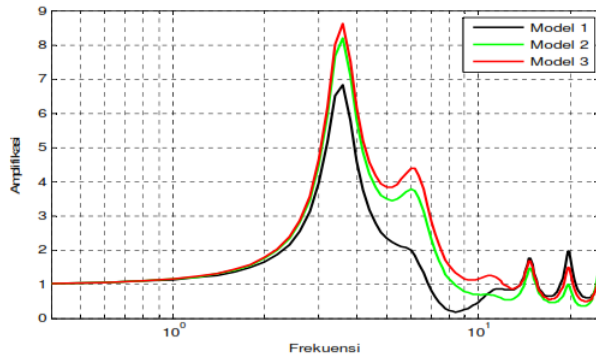


Gambar 2.6 Perbandingan HVSR model variasi kecepatan gelombang geser (Sungkono, 2011)

### 2.3.3 Variasi kecepatan gelombang primer

Hasil memperlihatkan bahwa kecepatan gelombang primer tidak memiliki pengaruh pada nilai frekuensi, namun memiliki pengaruh terhadap nilai amplifikasi yaitu berbanding lurus.

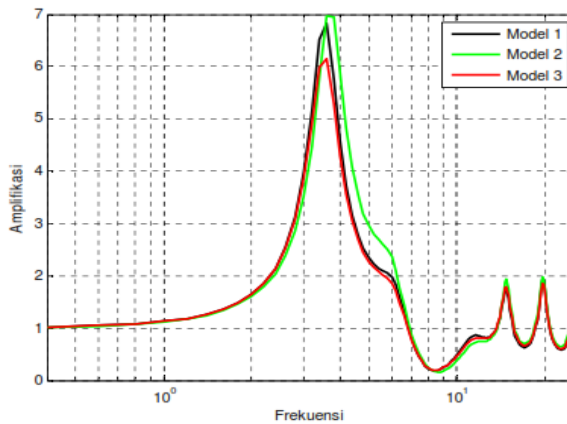




Gambar 2.7 Perbandingan HVSR model variasi kecepatan gelombang primer (Sungkono, 2011)

#### 2.3.4 Variasi densitas

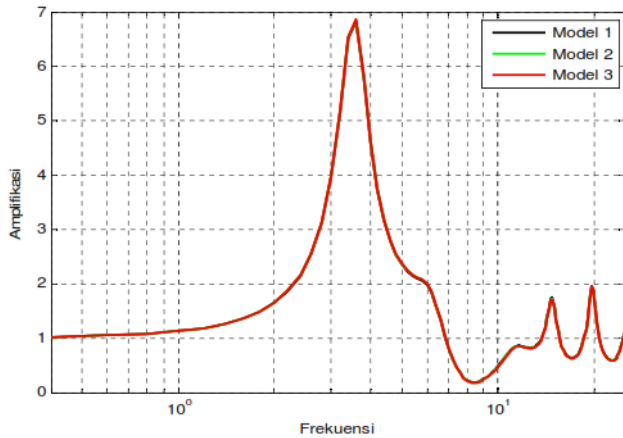
Hasil memperlihatkan bahwa variasi densitas tidak memiliki pengaruh pada nilai frekuensi, namun memiliki pengaruh terhadap nilai amplifikasi kurva HVSR.



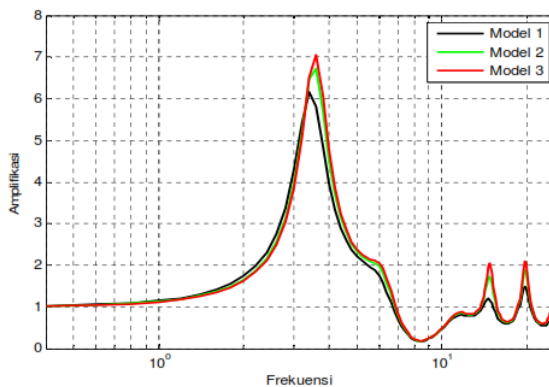
Gambar 2.8 Perbandingan HVSR model variasi kecepatan gelombang primer (Sungkono, 2011)

### 2.3.5 Variasi faktor kuasi P dan S

Hasil memperlihatkan bahwa variasi fater kuasi P tidak memiliki pengaruh pada nilai frekuensi dan nilai amplifikasi kurva HVSR, namun variasi fater kuasi S memiliki sedikit pengaruh terhadap nilai amplifikasi kurva HVSR.



Gambar 2.9 Perbandingan HVSR model variasi faktor kuasi P (Sungkono, 2011)



Gambar 2.10 Perbandingan HVSR model variasi faktor kuasi S (Sungkono, 2011)

## 2.4 Parameter Analisa HVSR

Metode *Horizontal to Vertical Fourier Amplitude Spectral Ratio* atau dikenal metoda HVSR pertama kali dikenalkan oleh Nakamura (1989), metode ini mengestimasi frekuensi natural dan amplifikasi geologi setempat dari data mikrotremor. Kemudian berkembang mampu untuk mngestimasi indeks kerentanan tanah (Nakamura, 1997), dan kerentanan bangunan.

Parameter penting yang dihasilkan dari metode HVSR ialah frekuensi natural dan amplifikasi. HVSR yang terukur pada tanah yang bertujuan untuk karakterisasi geologi setempat, frekuensi natural dan amplifikasi berkaitan dengan parameter fisik bawah permukaan (Herak, 2008). Sedangkan HVSR yang terukur pada bangunan berkaitan dengan kekuatan bangunan (Nakamura et al., 2000) dan keseimbangan bangunan (Gosar et al., 2010).

Dalam perhitungan matematis untuk menemukan nilai frekuensi manual digunakan pendekatan gelombang badan. Metoda HVSR didaasari oleh terperangkapnya getaran gelombang geser pada medium sedimen diatas bedrock.

$$f = \frac{v_s}{4h} \quad (2.4)$$

Dimana nilai  $V_s$  merupakan kecepatan gelombang geser dan  $4h$  mewakili kedalaman bedrock.

### 2.4.1 Amplifikasi

Amplifikasi hasil pembesaran gelombang seismik akibat adanya kenaikan gelombang seismik yang diakibatkan beda kontras yang besar antar lapisan, gelombang sesimik akan mengalami pembesaran ketika melewati medium yang lebih lunak dibandingkan dengan medium sebelumnya.

Pada perhitungan seraca matematis untuk penentuan nilai ampifikasi dapat dilihat persamaan berikut,

$$A^o = \frac{\rho_b.vb}{\rho_s.v_s} \quad (2.5)$$

Nilai  $\rho_b$  merupakan densitas batuan dasar (gr/ml),  $v_b$  cepat rambat gelombang batuan dasar,  $v_s$  kecepatan rambat gelombang batuan lunak dan  $\rho_s$  densitas batuan lunak. Dari perhitungan tersebut dapat dinyatakan bahwa nilai dai ampifikasi dapat dipengaruhi oleh kondisi batuanannya, ketika batuan telah terdeformasi (pelapukan, pelipatan atau sesar), maka nilai amplifikasinya dapat berbeda walaupun pada jenis batuan yang sama.

### 2.4.2 Ketebalan Sedimen

Dalam perhitungan ketebalan sedimen dibutuhkan data *Velocity Shear 30 meter* ( $V_{s30}$ ), dimana data ini dapat ditemukan melalui website USGS yang bersifat regional dan dari data bor yang bersifat lokal. Ketebalan sedimen yang dimaksud adalah tebal dari permukaan tanah hingga *bedrock* teknik (lapisan yang lebih keras dibandingkan lapisan atasnya).

Dalam penelitian ini akan menggunakan prinsip dari penjalaran gelombang pada pipa tertutup, Morelli mendefinisikan kedalaman dengan formulasi sebagai berikut,

$$V_s(z) = V_0 (1+Z)^x \quad (2.6)$$

Dengan  $V_0$  merupakan kecepatan geser pada permukaan,  $Z = z/z_0$  ( $z_0 = 1$  m), dan  $x$  faktor eksponensial kecepatan terhadap kedalaman. Dengan nilai frekuensi resonansi  $f_r$  adalah  $1/4T_0$ , dimana  $T_0$  merupakan waktu tempuh dari lapisan terbawah hingga permukaan. Sehingga hubungan antara frekuensi resonansi dengan waktu tempuh didapatkan persamaan untuk ketebalan sedimen sebagai berikut,

$$m = \left[ \frac{V_0(1-x)}{4f} + 1 \right]^{1/(1-x)} - 1 \quad (2.7)$$

Dengan  $m$  merupakan ketebalan sedimentasi (m),  $f$  merupakan frekuensi (Hz), dan  $v_0$  kecepatan geser (m/s).

## 2.5 Kepercayaan data

Dalam akuisisi ataupun pengolahan data mikrotremor ada beberapa ketentuan yang harus diperhatikan, ketentuan ini disebut dengan *Site Effects assessment using Ambient Excitation* (SESAME). Dalam akuisisi ada ketentuan dalam durasi pengukuran dan hasil frekuensi natural.

Tabel 2.1 Ketentuan SESAME hubungan durasi dan ekspektasi  $f_0$

Ekspektasi minimum $f_0$ (Hz)	Durasi minimum perekaman yang direkomendasi (mnt)
0.2	30
0.5	20
1	10

2	5
5	3
10	2

Dalam akuisisi data, ketika menginginkan hasil variasi lateral maka rapatkan grid pengukuran. Semakin rapat grid pengukuran semakin baik, namun perlu diperhitungkan kembali karena pengamplan data berbasis waktu. Pada tahap engolahan data terdapat ketentua untuk kurva H/V nya, terdapat kriteria kepercayaan data untuk kurva H/V dan *clear H/V peak*.

**Criteria for a reliable H/V curve**

i)  $f_0 > 10 / l_w$   
and

ii)  $n_c(f_0) > 200$   
and

iii)  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 > 0.5\text{Hz}$   
or  $\sigma_A(f) < 3$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$  if  $f_0 < 0.5\text{Hz}$

- $l_w$  = window length
- $n_w$  = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w \cdot f_0$  = number of significant cycles
- $f$  = current frequency
- $f_{\text{sensor}}$  = sensor cut-off frequency
- $f_0$  = H/V peak frequency
- $\sigma_f$  = standard deviation of H/V peak frequency ( $f_0 \pm \sigma_f$ )
- $\epsilon(f_0)$  = threshold value for the stability condition  $\sigma_f < \epsilon(f_0)$
- $A_0$  = H/V peak amplitude at frequency  $f_0$
- $A_{H/V}(f)$  = H/V curve amplitude at frequency  $f$
- $f$  = frequency between  $f_0/4$  and  $f_0$  for which  $A_{H/V}(f) < A_0/2$
- $f'$  = frequency between  $f_0$  and  $4f_0$  for which  $A_{H/V}(f') < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$  = "standard deviation" of  $A_{H/V}(f)$ ,  $\sigma_A(f)$  is the factor by which the mean  $A_{H/V}(f)$  curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{\log H/V}(f)$  = standard deviation of the  $\log A_{H/V}(f)$  curve,  $\sigma_{\log H/V}(f)$  is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean  $\log A_{H/V}(f)$  curve
- $\theta(f_0)$  = threshold value for the stability condition  $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{s,av}$  = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{s,surf}$  = S-wave velocity of the surface layer
- $h$  = depth to bedrock
- $h_{\text{min}}$  = lower-bound estimate of  $h$

**Criteria for a clear H/V peak**  
(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)

i)  $\exists f \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f) < A_0/2$

ii)  $\exists f' \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$

iii)  $A_0 > 2$

iv)  $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$

v)  $\sigma_f < \epsilon(f_0)$

vi)  $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

Threshold Values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$					
Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\epsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.20 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Gambar 2.11 Tabel kepercayaan data bersumber SESAME

## 2.6 Klasifikasi Eurocode 8

Pada penelitian ini akan digunakan klasifikasi jenis tanah berdasarkan nilai persebaran kecepatan geser, karena hasil permodelan berupa model persebaran Vs bawah permukaan

Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah sesuai Eurocode 8

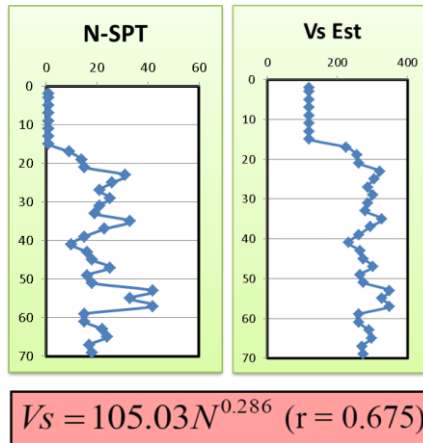
Tipe tanah	Uraian Gambaran Stratigrafi	Vs30 (m/s)
A	Batuan atau formasi batuan lainnya	>800
B	Endapan <i>sand</i> atau <i>clay</i> yang sangat padat, <i>gravel</i> , pada ketebalan beberapa puluh meter, ditandai dengan peningkatan sifat fisik mekanik terhadap kedalaman.	360-800
C	Endapan <i>sand</i> padat atau setengah padat yang tebal, <i>gravel</i> atau <i>clay</i> padat dengan ketebalan beberapa puluhan hingga ratusan meter	180-360
D	endapan tanah kohesi rendah sampai sedang (degan atau tanpa beberapa lapisan kohesi rendah), terutama pada tanah kohesi rendah	<180
E	lapisan tanah terdiri dari aluvium pada permukaan dengan nilai Vs tipe C atau D degan ketebalan bervariasi 5 m hingga 20 meter, dibawah tanah ini berupa material keras dengan Vs > 800	

S1	Endapan terdiri dari atau mengandung, ketebalan lapisan 10 m pada tanah lempung lunak atau lempung lanauan dengan indeks plastisitan dan kadar air yang tinggi	<100 (indikasi)
S2	endapan tanah likuifiable, dari clay sensitif, atau tanah lain yang tidak termasuk dalam tipe A-E atau S1	

## 2.7 Korelasi data n-spt dengan kecepatan geser

Uji *Standart Penetration Test* (SPT) merupakan salah satu tes lapangan yang digunakan untuk kegiatan penyelidikan tanah, pada teknis mendapatkan datanya yaitu berapa jumlah pukulan yang diperlukan untuk memasukan split barrel sedalam 30cm disebut dengan nilai  $N_{spt}$ . Untuk korelasi antara nilai N-SPT dengan kecepatan geser, dapat dikonversikan melalui persamaan empiris yang dinyatakan oleh (Fauzi, 2014) digunakan untuk korelasi antara kecepatan geser dengan nilai N-SPT diwilayah kota Jakarta. Dengan pertimbangan bahwa sebagian besar jenis tanah kota Jakarta memiliki kesamaan dengan kota Surabaya yaitu batuan *alluvial*. Dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_s = 105.3N^{0.286} \text{ dengan } r = 0.675 \quad (2.8)$$

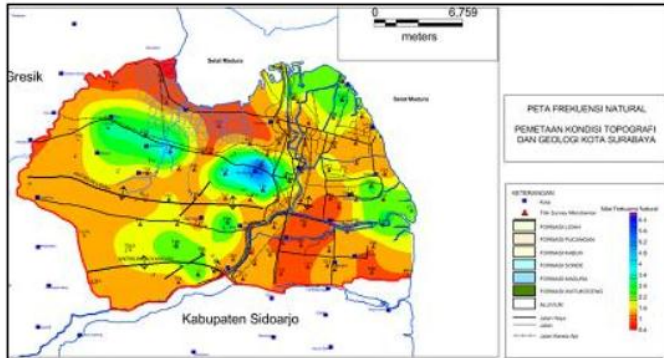


Gambar 2.12 Konversi nilai N-SPT menjadi Vs (kecepatan geser).  
(Syaifuddin, 2016)

## 2.8 Penelitian terdahulu mengenai mikrozonasi kota Surabaya

Dian Nur Aini, Widya Utama, dan A. Syaeful Bahri. (2016), telah melakukan penelitian tentang “Penaksiran Resonansi Tanah dan Bangunan Menggunakan Analisis Mikrotremor Wilayah Surabaya Jawa Timur”, telah melakukan pengukuran pada sepuluh bangunan milik pemerintah kota dan tempat umum yang memiliki nilai sejarah dikota Surabaya serta tujuh titik tanah yang mewakili kondisi bawah permukaan setiap bangunan. Di dapatkan kesimpulan bahwa dari sepuluh bangunan terdapat sembilan bangunan yang memiliki tingkat resonansi rendah dan satu bangunan memiliki tingkat resonansi sedang. Sehingga sengan tingkat resonansi rendah tingkat kerusakan saat terjadi gempa cenderung rendah.



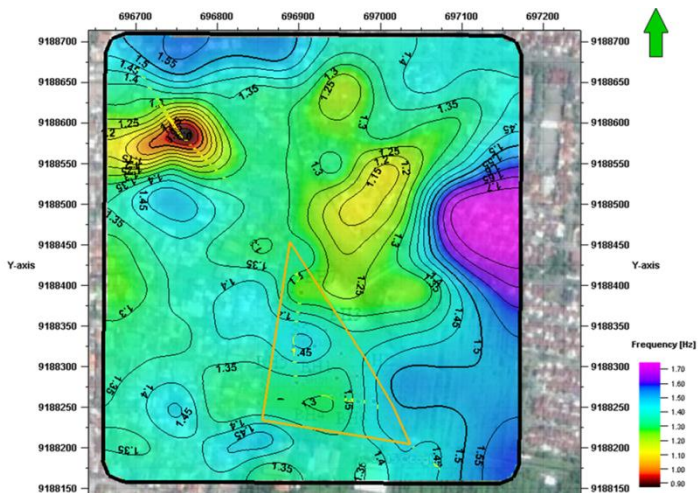


Gambar 2.13 Peta persebaran frekuensi dominan kota Surabaya dengan frekuensi 0,5 – 2,7 Hz (Bahri, A S, 2016)

Mochamad abied Lutfi Nashir dan Ayi Syaeful Bahri (2013), melakukan penelitian tentang “Karakterisasi Kerusakan Bangunan Wilayah Jawa Timr Menggunakan Analisis Mikrotremor”, dalam penelitian ini dilakukan pengukuran mikrotremor pada 20 bangunan di kota Surabaya. Hasil dari penelitian ini berdasarkan analisis HVSr dan analisis FSR dan RDM untuk bangunan, menunjukan bahwa bangunan wilayah bagian timur laut dan barat laut kota Surabaya memiliki nilai indeks kerentanan tanah (kg) tinggi, maka bangunan cenderung lemah.

Syaifuddin, dkk (2016), melakukan penelitian tentang “*Microtremor Study of Gunung Anyar Mud Volcano, Surabaya, East Java*”, penelitian dilakukan pengukuran mikrotremor di area yang memiliki fenomena mud vulcano yang berada di tengah pemukiman warga. Karena itu peneliti ingin mengetahui bagaimana dampak adanya mud vulcano terhadap kehidupan masyarakat dan lingkungan sekitar. Hasil dari penelitian ini didapatkan diameter dari mud vulcano system mendekati 100m dan bed rock di area tersebut terdapat pada kedalaman 66 hingga 140 meter.

Gambar 2.14 Peta persebaran frekuensi dominan area Gununganyar, Surabaya dengan frekuensi 0,9-1,7 Hz (Syiaifuddin, dkk 2016)

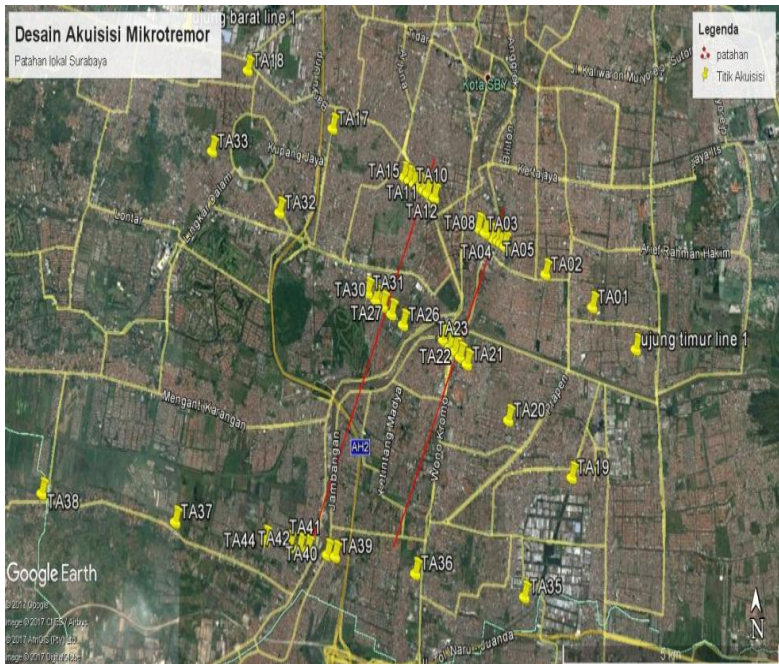


## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Data dan Perangkat Lunak

#### 3.1.1 Data

Tentu untuk setiap penelitian dibutuhkan data sampel yang baik dan sesuai dengan topik dari penelitian itu sendiri, sehingga pada tahapan ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Dalam penelitian ini akan menggunakan 2 (dua) data mikrotremor yang merupakan data sekunder yang dimiliki oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) dan Jurusan Teknik Geofisika ITS, serta dilakukan akuisisi terfokus pada patahan lokal sungai Surabaya.



Gambar 3.1 Peta akuisisi mikrotremor dengan total 40 titik pengukuran

Tabel 3.1 Titik pengukuran (kuning) dan Bahri A.S, et.al (2016) (hijau) yang digunakan dalam proses inversi HVSR

No	Nama Titik	x	y
1	TA01	695114	9192980
2	TA04	692898	9193791
3	TA11	691123	9194641
4	TA12	691035	9194646
5	TA13	690955	9194744
6	TA14	690942	9194857
7	TA16	690618	9195022
8	TA17	688765	9195702
9	TA18	687036	9196695
10	TA19	694428	9190115
11	TA20	692972	9191014
12	TA21	692018	9191896
13	TA22	691859	9192006
14	TA23	691859	9192006
15	TA27	690263	9192697
16	TA29	689974	9192870
17	TA30	689836	9192931
18	TA32	687697	9194469
19	TA33	686059	9195432
20	TA37	685189	9189640
21	TA39	688845	9188929
22	TA40	688743	9189114
23	TA41	688231	9189115
24	TA42	688030	9189093
25	TA44	687319	9189331
26	T26	682842	9197361
27	T28	680927	9198604

28	T33	691944	9195084
29	T34	689929	9194393
30	T35	687020	9195659
31	T42	692779	9193608
32	T43	690977	9193686
33	T02	692245	9201476
34	T03	691295	9203887
35	T10	693364	9199560
36	T21	693077	9197915
37	T24	685927	9197245
38	T25	685348	9197272
39	T44	688921	9193664
40	T60	694967	9189731
41	T61	692826	9190137
42	T66	683296	9190125
43	T76	683461	9187265

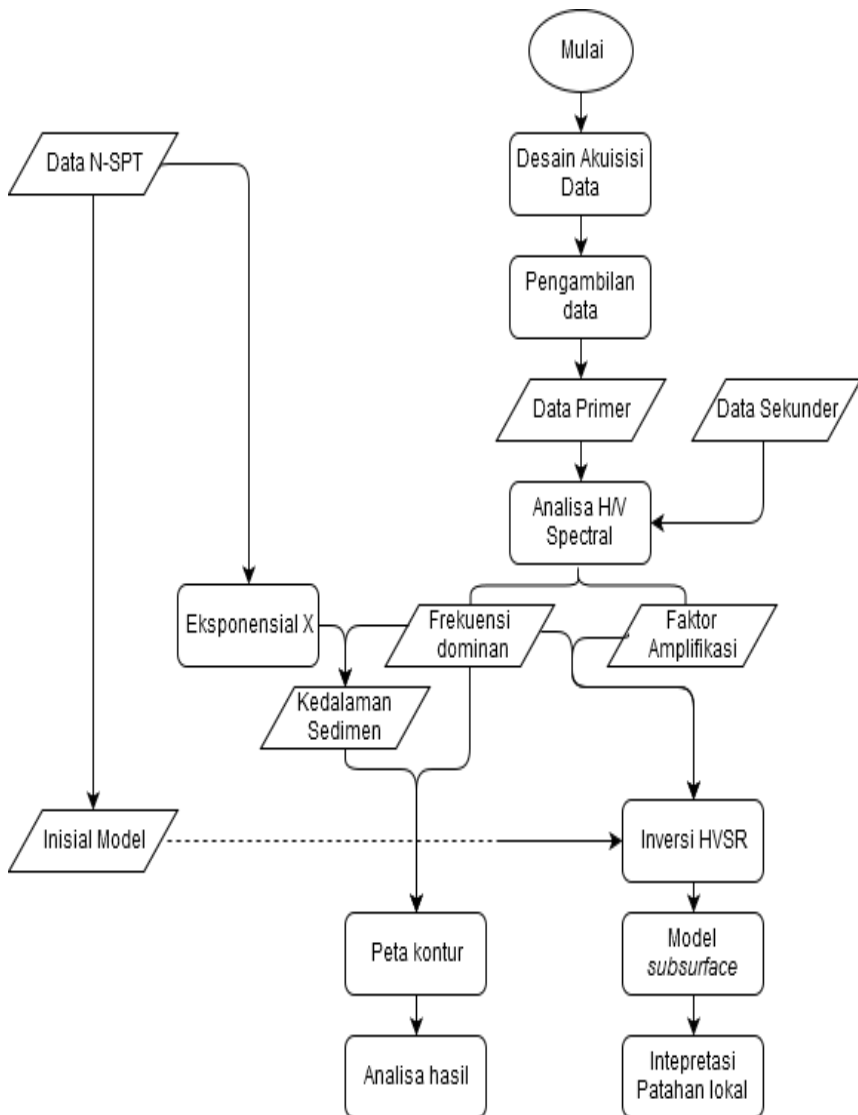
### 3.1.2 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan adalah *EasyHVS*R dan *Geopsy* untuk melakukan Analisa HVS dan OpenHVS untuk inversi HVS.

## 3.2 Metodologi Penelitian

### 3.2.1 Pengolahan Data

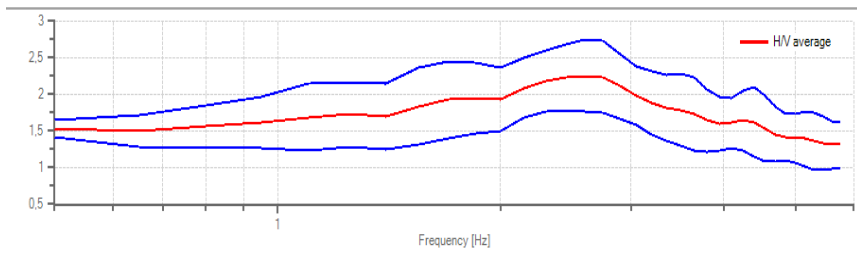
Setelah data yang dibutuhkan sudah dipersiapkan, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data yang dilakukan dengan dua tahapan besar, yaitu analisa HVS dan Inversi HVS, dimana tahapan tersebut digambarkan menggunakan diagram alur dibawah,



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data.

### 3.2.2 Alur penelitian

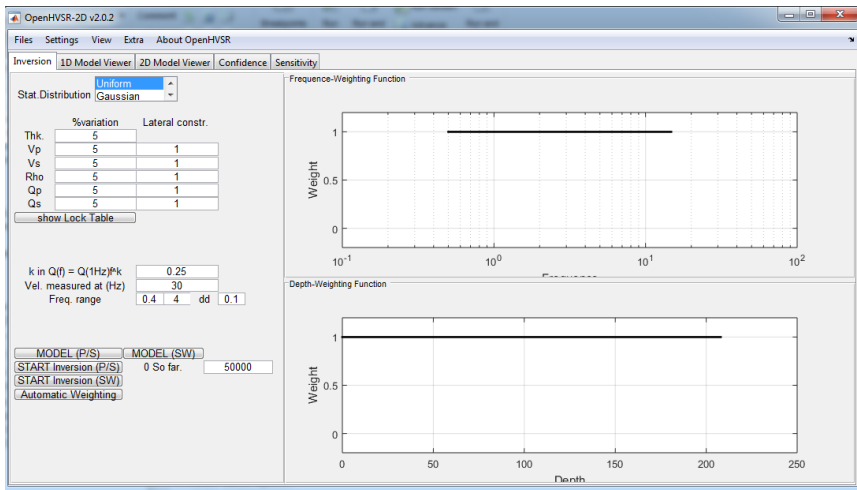
Dari diagram alir yang ada, maka penelitian ini dimulai dari proses pengumpulan data sekunder dari PVMBG dan penelitian sebelumnya oleh Bahri, AS 2016. Dari data tersebut diolah kembali untuk mendapatkan persebaran frekuensi dominan. Kemudian pada penelitian ini difokuskan kembali dengan adanya patahan lokal yang sejajar dengan sungai Surabaya. Sehingga tahap berikutnya dilakukan kembali akuisisi data dengan jumlah data 40 titik dengan durasi pengukuran selama 30 menit.



Gambar 3.3 Kurva HV, frekuensi (sumbu X) dan amplifikasi (sumbu Y) pada titik pengukuran TA12 dengan nilai frekuensi dominan 2,6 Hz

Selanjutnya dilakukan analisa HVSR untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan dan amplifikasi dari setiap titik pengukuran. Hasil dari tahap ini didapatkan peta persebaran frekuensi dominan . Selanjutnya dilakukan perhitungan kedalaman sedimentasi dengan menggunakan pendekatan dengan persamaan (2.6) dan (2.7) (Morelli, 2013), dan menghasilkan peta kedalaman dari sedimen aau lapisan lunak. Kemudian dari hasil kedua peta tersebut dapat diakukan hipotesa awal lokasi adanya patahan lokal sungai Surabaya.

Tahap berikutnya adalah memulai inversi data mikrotremor menggunakan program OpenHVSr, dengan *input*-an awal data frekuensi dan amplifikasi setiap titik dan model awal bawah permukaan. Model awal yang dimasukan berupa  $V_p$ ,  $V_s$ , densitas,  $H$  (ketebalan lapisan),  $Q_p$ , dan  $Q_s$ . Dalam pembuatan model awal ini, akan dikorelasikan dengan data bor N-SPT sebagai kontrol bawah permukaan. Tahap terkahir adalah intepretasi data hasil inversi mikrotremor 2D yang menggambarkan kondisi bawah permukaan.



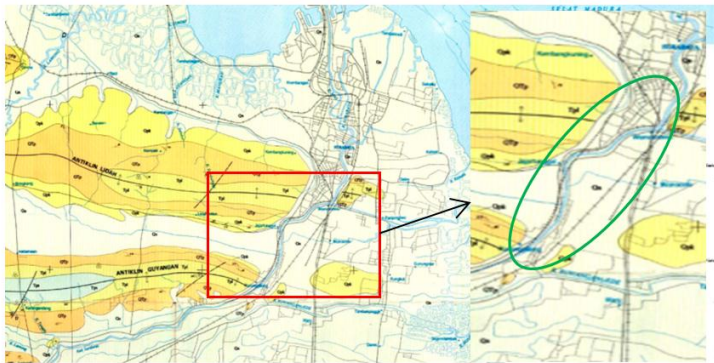
Gambar 3.4 Tampilan GUI matlab program OpenHVSR (Ph.D. Samuel Bignardi, 2014)



## BAB IV PEMBAHASAN

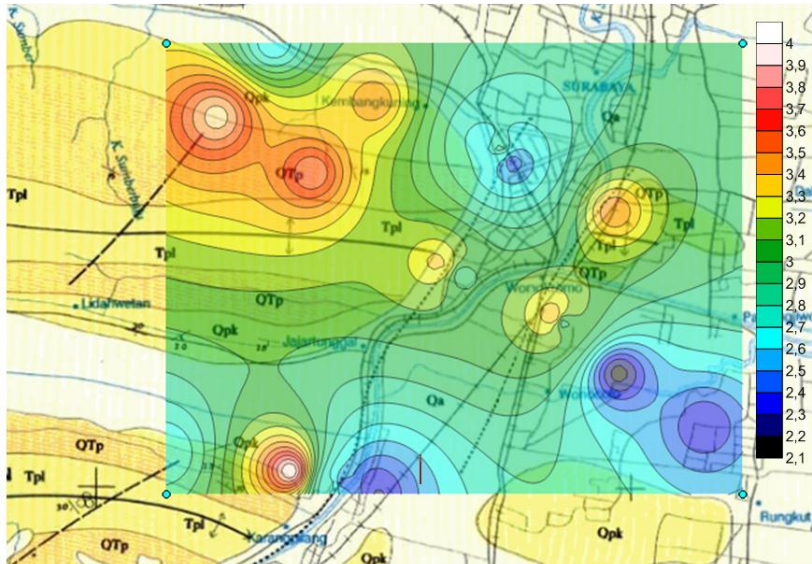
### 5.1 Peta kontur frekuensi dominan dan ketebalan lapisan lunak

Penelitian ini difokuskan pada zona yang dilewati oleh patahan lokal yang ada pada sungai Surabaya dapat dilihat pada gambar (4.1), bahwa patahan lokal tersebut berarah dari selatan ke utara yang sejajar dengan aliran sungai Surabaya.



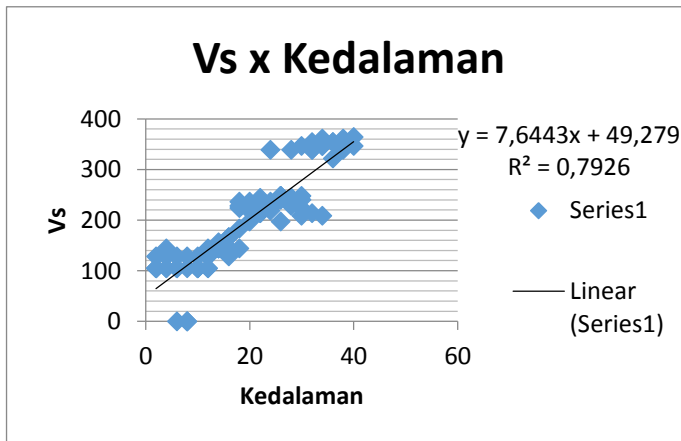
Gambar 4.1 Lokasi fokus penelitian (kotak merah) dan lingkaran hijau merupakan patahan lokal yang berada sejajar dengan sungai Surabaya.

Sehingga dilakukan pengukuran mikrotremor di area studi tersebut dan dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (HVSr) dengan tujuan untuk mendapatkan nilai frekuensi dominan di area penelitian. Frekuensi dominan ini akan memiliki keterkaitan dengan kedalaman sedimen atau lapisan lunak. Dalam penelitian ini telah dilakukan 40 titik pengukuran, namun data yang memiliki tingkat *reliable* hanya 25 data sedangkan data pada titik lain tidak dapat di tentukan frekuensi yang *reliable* ini dapat disebabkan oleh adanya noise pada saat pengukuran (kendaraan bermotor).

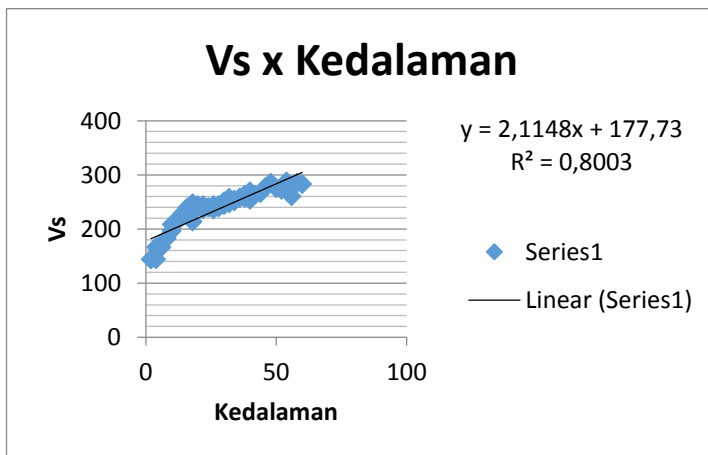


Gambar 4.2 Peta Frekuensi dominan overlay dengan peta geologi hdaerah penelitian dengan frekuensi terendah 2,1 Hz (berwarna hitam) hingga 4 Hz (berwarna putih).

Dari nilai frekuensi dominan, dapat dilakukan pendekatan secara empiris untuk mendapatkan kedalaman lapisan lunak (sedimen). Dalam penelitian ini akan digunakan pendekatan regresi linier dari nilai kedalaman dan nilai kecepatan geser yang berasal dari data bor N-SPT. Untuk mendapatkan nilai kecepatan geser dari nilai N-SPT dilakukan konversi ( $V_s = 105.3N^{0.286}$  dengan  $r = 0.675$ ) (Fauzi, 2014). Dalam penelitian ini akan didapatkan dua pendekatan regresi linier untuk wilayah Surabaya barat dan Surabaya timur. Data bor yang digunakan daerah Gunung Anyar (Surabaya timur) dan perumahan Ciputra (Surabaya barat). Pendekatan regresi linier (Firman, dkk, 2015) bertujuan untuk mendapatkan faktor eksponensial X dan nilai  $V_0$  didapatkan dari pendekatan tersebut.



Gambar 4.3 Regresi linier antara kecepatan geser (Vs) dengan kedalaman wilayah Surabaya timur (Gunung Anyar). Dengan  $V_0 = 49,278$  m/s



Gambar 4.4 Regresi linier antara kecepatan geser (Vs) dengan kedalaman wilayah Surabaya barat (komplek perumahan Ciputra). Dengan  $V_0 = 177,73$  m/s

Kemudian dari hasil tersebut dilakukan pendekatan menggunakan persamaan (2.6) (Morelli, 2013) untuk mendapatkan nilai faktor eksponensial dan didapatkan nilai faktor eksponensial  $X$  rata-rata wilayah Surabaya timur adalah  $X = 0,45194846$  dan  $X$  rata-rata wilayah Surabaya barat adalah  $X = 0,07502694$ .

Setelah diketahui nilai  $V_o$ ,  $V_s$ , dan faktor eksponensial  $X$ , dapat dilakukan pendekatan empiris menggunakan persamaan (2.7) (Morelli, 2013) sehingga diketahui kedalaman lapisan lunak pada setiap lokasi titik pengukuran. Kemudian dilakukan pemetaan kedalaman lapisan lunak (sedimen).



Gambar 4.5 Peta Kedalaman Sedimen overlay dengan peta geologi daerah penelitian dengan kedalaman 15 meter (berwarna hijau) hingga 80 meter (berwarna biru).

Dari peta kontur kedalaman sedimen yang di *overlay* kan dengan peta geologi, bahwa respon patahan lokal sungai Surabaya ditandai dengan adanya perbedaan atau kontras kedalaman sedimen. Pada garis putus-putus berwarna merah menunjukan posisi patahan lokal yang ada di sungai Surabaya dan pada lingkaran merah adalah kondisi ekistensi yang ada menurut peta geologi lembar surabaya dan sapulu (Sukardi, 1992), terindikasi bahwa memang terdapat patahan lokal berada di sisi kanan dan kiri sungai Surabaya. Data kedalamann

sedimen akan diperjelas kembali dengan hasil inversi bawah permukaan pada sub-bab selanjutnya.

## 4.2 Penentuan parameter pemodelan kedepan

Sebelum melakukan proses inversi, dibutuhkan sebuah pemodelan kedepan (*forward modelling*) yang menyatakan proses perhitungan “data” secara teoritis menggunakan persamaan matematik yang diturunkan dari konsep fisika yang mendasari fenomena yang ditinjau. Dalam pemodelan data geofisika, dicari suatu model yang menghasilkan respon yang cocok atau *fit* dengan data pengamatan atau data lapangan (Grandis, H ,2009). Dalam penelitian ini akan digunakan dua jenis data tebakan awal berupa nilai  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $\rho$ ,  $H$ ,  $Q_p$  dan  $Q_s$  dimana dalam proses penebakan ini beracuan pada data bor N-SPT (data N-SPT Gunung Anyar dan data N-SPT kompleks perumahan Citraland) yang dilakukan di kota Surabaya.

Dalam penentuan nilai  $V_s$  tebakan awal menggunakan konversi ( $V_s = 105.3N^{0.286}$  dengan  $r = 0.675$ ) (Fauzi, 2014). Untuk penentuan nilai  $V_p$  digunakan asumsi  $V_p = 2V_s$ , dikarenakan saat dilakukan pendekatan dengan persamaan (4.1) (Brocher ,2005) terlalu besar untuk kondisi geologi kota Surabaya. Kemudian dalam penentuan densitas tiap lapisannya digunakan teori empiris berikut.

$$V_p \left( \frac{km}{s} \right) = 0.9409 + 2.0947V_s - 0.8206V_s^2 + 0.2683V_s^3 - 0.0251V_s^4 \quad (4.1)$$

Tabel 4.1 *Empirical values for  $\gamma$  of cohesive soils based on the standard penetration number, (from Bowels, Foundation Analysis).*  
([http://www.geotechnicalinfo.com/soil\\_unit\\_weight.html](http://www.geotechnicalinfo.com/soil_unit_weight.html))

SPT Penetration, N-Value (blows/ foot)	$\gamma_{sat}$ (lb/ft <sup>3</sup> )
0 - 4	100 - 120
4 - 8	110 - 130
8 - 32	120 - 140

Tabel 4.2 Parameter model untuk kondisi geologi batuan Aluvial dengan refrensi data bor N-SPT Gunung Anyar, Surabaya.

Vp	Vs	$\rho$	H	Qp	Qs
210,06	105,03	1,51	0,50	15,00	5,00
256,12	128,06	1,60	2,50	15,00	5,00
287,61	143,80	1,68	4,50	15,00	5,00
472,34	236,17	1,84	6,50	15,00	5,00
487,60	243,80	1,92	8,50	15,00	5,00
445,73	227,86	2,00	10,50	15,00	5,00
464,22	232,11	2,08	12,50	15,00	5,00
500,48	250,74	2,18	14,50	15,00	5,00
1600,00	800,00	2,50	999,00	999,00	999,00

Tabel 4.3 Parameter model untuk kondisi geologi antiklin Lidah dan Gayungan dengan refrensi data bor N-SPT kompleks perumahan Citraland, Surabaya.

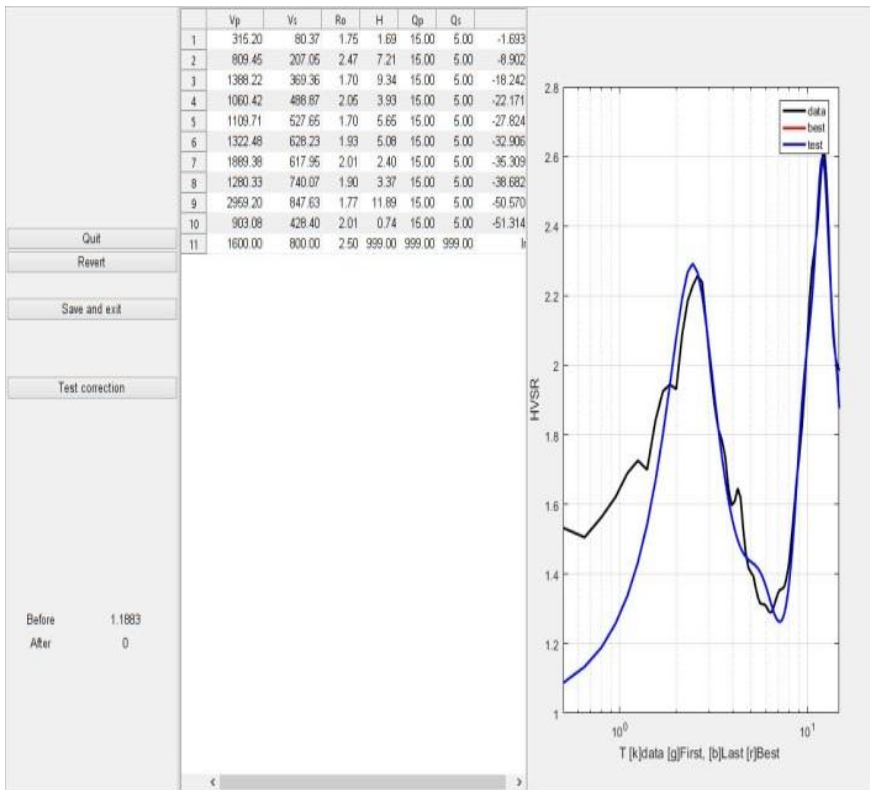
Vp	Vs	$\rho$	H	Qp	Qs
305,2	91,96	1,85	1,65	15	5
743,44	208,05	2,06	4,79	15	5
978,81	336,26	2,32	8,43	15	5
1059,53	591,28	1,77	12,79	15	5
846,77	443,85	1,97	12,36	15	5
1600	800	2,25	999	999	999

### 4.3 Hasil Inversi HVSr

Setelah didapatkan nilai penebakan awal untuk proses inversi berupa nilai Vp, Vs,  $\rho$ , H, Qp dan Qs, dilakukan proses inversi pada 43 titik

pengukuran yang terdiri dari 25 data hasil pengukuran dan 18 oleh Bahri AS (2016). Inversi diartikan sebagai pemodelan data geofisika, dicari suatu model yang menghasilkan respon yang cocok atau *fit* dengan data pengamatan atau data lapangan (Grandis, H, 2009). Sehingga dalam penelitian ini dilakukan dua input data yaitu data hasil analisa HVSR (frekuensi dan amplifikasi) dan nilai tebakan awal  $V_p$ ,  $V_s$ ,  $\rho$ ,  $H$ ,  $Q_p$  dan  $Q_s$ . Suatu hasil inversi yang baik akan menghasilkan respon yang cocok antara kurva HVSR dan kurva yang dibentuk dari hasil penebakan awal model bawah permukaannya.

Salah satu contoh hasil inversi HVSR pada titik pengukuran TA12, dengan koordinat (691035 , 9194646) UTM dengan frekuensi dominan 2,6 Hz. Pada titik ini digunakan model tebakan awal dengan kondisi batuan Aluvial (Tabel. 4.2) sesuai dengan peta geologi lembar Surabaya dan Sapulu (Sukardi, 1992).



Gambar 4.6 Hasil Kurva Inversi titik TA12 dengan nilai RMS 1,18. Garis hitam mewakili kurva HVSr dan garis biru mewakili kurva hasil estimasi kurva HVSr dari model awal yang ditentukan sebelumnya.

Tabel 4.4 Hasil inversi berupa parameter bawah permukaan pada titik TA12

Vp	Vs	$\rho$	H (tebal)	Qp	Qs	Kedalaman
315,00	80,40	1,75	1,69	15,00	5,00	1,69
809,00	207,00	2,47	7,21	15,00	5,00	8,90
1390,00	369,00	1,70	9,34	15,00	5,00	18,20
1060,00	489,00	2,05	3,93	15,00	5,00	22,20



1110,00	528,00	1,70	5,65	15,00	5,00	27,80
1320,00	628,00	1,93	5,08	15,00	5,00	32,90
1890,00	618,00	2,01	2,40	15,00	5,00	35,30
1280,00	740,00	1,90	3,37	15,00	5,00	38,70
2960,00	848,00	1,77	11,90	15,00	5,00	50,60
903,00	428,00	2,01	0,74	15,00	5,00	51,30
1600,00	800,00	2,50	999,00	999,00	999,00	70,00

Pada penelitian ini dilakukan sayatan 2 dimensi bawah permukaan dengan total 3 sayatan untuk melihat kondisi bawah permukaan untuk nilai Vs dari tiap lapisan yang didapatkan, sehingga dapat diidentifikasi jenis patahan yang ada di sebelah barat dan timur sungai Surabaya dan dapat mengetahui sejarah bagaimana terbentuknya sungai Surabaya dari segi studi geologi. Dari hasil inversi HVSr didapatkan nilai persebaran kecepatan gelombang geser (Vs) dengan rentang 80 m/s hingga 800 m/s, untuk kecepatan 800 m/s merupakan asumsi dari penulis sebagai tanah lapisan keras (*bedrock*) dan sesuai dengan tabel klasifikasi tanah berdasarkan *Eurocode 8*, bahwa pada kecepatan 800 m/s termasuk dalam klasifikasi jenis tanah A berupa endapan *sand* atau *clay* yang sangat padat, *garvel* pada ketebalan berberapa puluh meter, ditandai dengan peningkatan sifat mekanik terhadap kedalaman.

#### 4.4 Interpretasi hasil inversi HVSr

Pada sayatan pertama, dilakukan sayatan berarah barat-timur yang melewati titik pengukuran. Berdasarkan klasifikasi tanah Eurocode 8 pada sayatan 1 ini lapisan yang dekat permukaan merupakan lapisan tipe E sesuai dengan (tabel 4.6) yaitu lapisan aluvial dengan nilai Vs 50 m/s hingga 100 m/s pada rentang kedalaman 5-10 meter berwarna ungu pada (gambar 4.7), dimana lapisan ini memiliki trend yang sama dengan kedalaman yang cenderung sama dari wilayah barat hingga timur kota Surabaya. Kemudian lapisan dibawahnya berturut-turut tipe C pada rentang nilai Vs 180 m/s hingga 360 m/s pada rentang kedalaman yang bervariasi 20 m hingga 90 meter dibawah permukaan ditandai kontur berwarna biru tua ke biru muda, kemudian tipe D dengan rentang nilai Vs 360-800 m/s merupakan lapisan keras untuk kedalaman dari lapisan ini bervariasi 40 meter hingga 150 meter (sebagai batas bawah) ditandai dengan kontur berwarna hijau, kuning dan jingga.

Dari sayatan 1 ini bisa interpretasikan berdasarkan kondisi geologi, bahwa lapisan keras yang ada di Surabaya memiliki kedalaman yang bervariasi dari barat ke timur, trend lapisan keras semakin dangkal dan berangsur kembali dalam ke arah timur. Daerah dengan lapisan keras yang dangkal pada kedalaman 40 meter diindikasikan sebagai antiklin Lidah yang memang terletak pada wilayah Surabaya barat berdasarkan peta geologi lembar Surabaya dan Sapuluh (Sukradi, 1992). Kemudian dari hasil inversi juga didapatkan bentuk patahan lokal yang mengontrol terbentuknya sungai Surabaya, berdasarkan (Gambar 4.7) patahan ditandai dengan garis putus-putus berwarna merah diindikasikan sebagai patahan turun karena dari profil Vsnya terdapat penurunan nilai kecepatan geser dalam fenomena geologi dinyatakan sebagai gawir, sedangkan kotak berwarna merah merupakan posisi dari sungai Surabaya. Dari (gambar 4.7) dapat dilihat pula bagaimana proses terbentuknya sungai Surabaya, diindikasikan pada masa lampau antiklin Lidah yang terlihat pada sayatan ini adalah suatu kesatuan namun dengan adanya kemungkinan zona lemah pada antiklin Lidah tersebut dan terjadi proses tektonik dengan adanya patahan lokal tersebut, sehingga zona lemah tersebut dilewati oleh aliran sungai Berantas diikuti dengan endapan-endapan Aluvial yang terbawa oleh aliran sungai Berantas, terlihat pada (gambar 4.7).

Pada sayatan kedua dilakukan sayatan berarah barat-timur yang melewati titik pengukuran berurutan. Berdasarkan klasifikasi tanah Eurocode 8 kondisi persebaran Vs sama dengan sayatan pertama, yang membedakan adalah kondisi geologi bawah permukaan dikarenakan pada sayatan kedua tidak melewati pecahan dari antiklin Lidah. Kemudian dari hasil inversi juga didapatkan bentuk patahan lokal yang mengontrol terbentuknya sungai Surabaya, berdasarkan (Gambar 4.8) patahan ditandai dengan garis putus-putus berwarna merah diindikasikan sebagai patahan turun karena dari profil Vsnya terdapat penurunan nilai kecepatan geser dalam fenomena geologi dinyatakan sebagai gawir, sedangkan kotak berwarna merah merupakan posisi dari sungai Surabaya.

Pada sayatan ketiga dilakukan sayatan berarah barat-timur yang melewati titik pengukuran berurutan. Berdasarkan klasifikasi tanah Eurocode 8 kondisi persebaran Vs sama dengan sayatan pertama, yang membedakan adalah kondisi geologi bawah permukaan. Dimana pada sayatan ketiga ini posisinya melewati antiklin Guyangan berbeda dengan kedua sayatan sebelumnya, namun pada

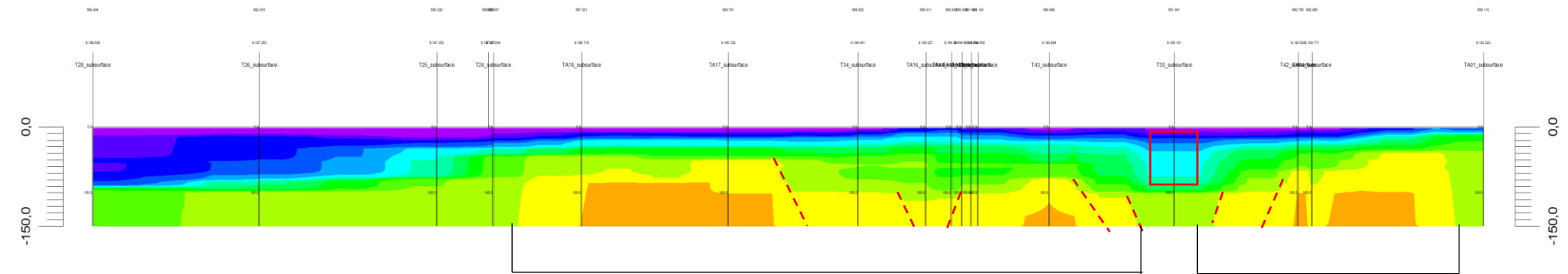
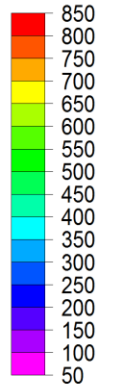
kondisi bawah permukaan yang berada pada bagian timur tetap terlihat kemenerusan patahan lokal yang ada di area sungai Surabaya. Dari sayatan ketiga ini dapat dilihat pula adanya indikasi patahan lokal yang ada pada antiklin Guyangan.

# Line 1

Barat

Timur

Vs (m/s)



Keterangan:

- :Sungai Surabaya
- :Patahan sungai Surabaya

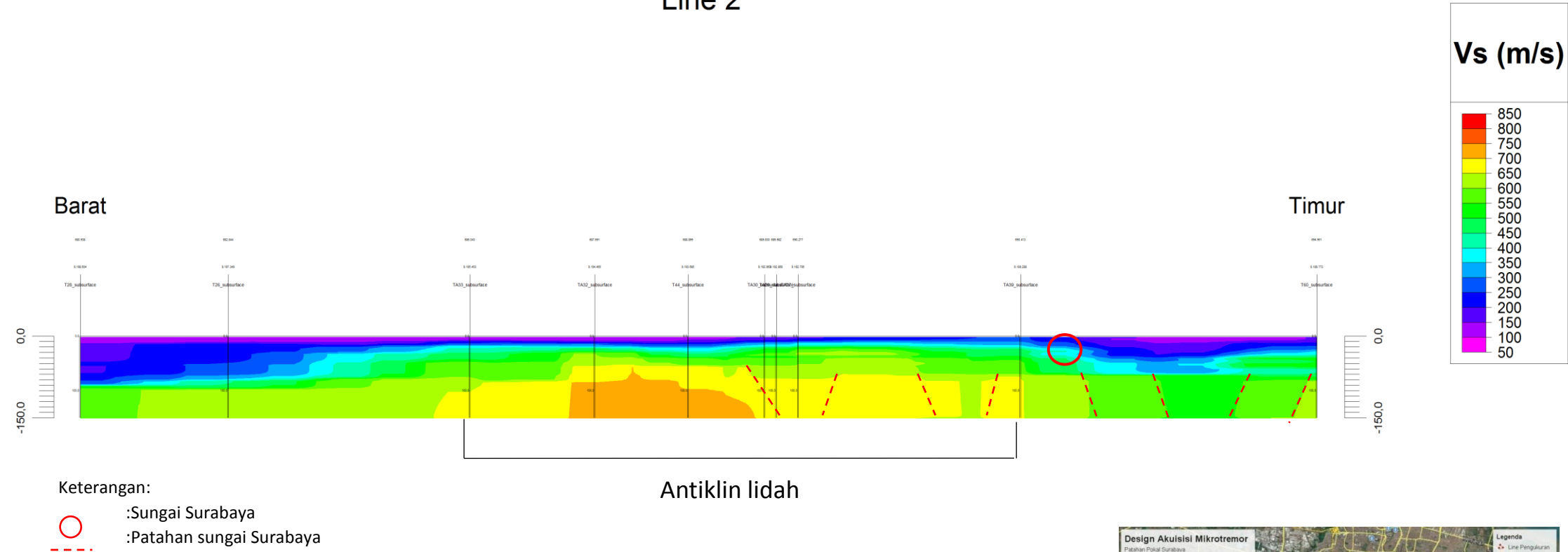
Antiklin lidah

Antiklin lidah



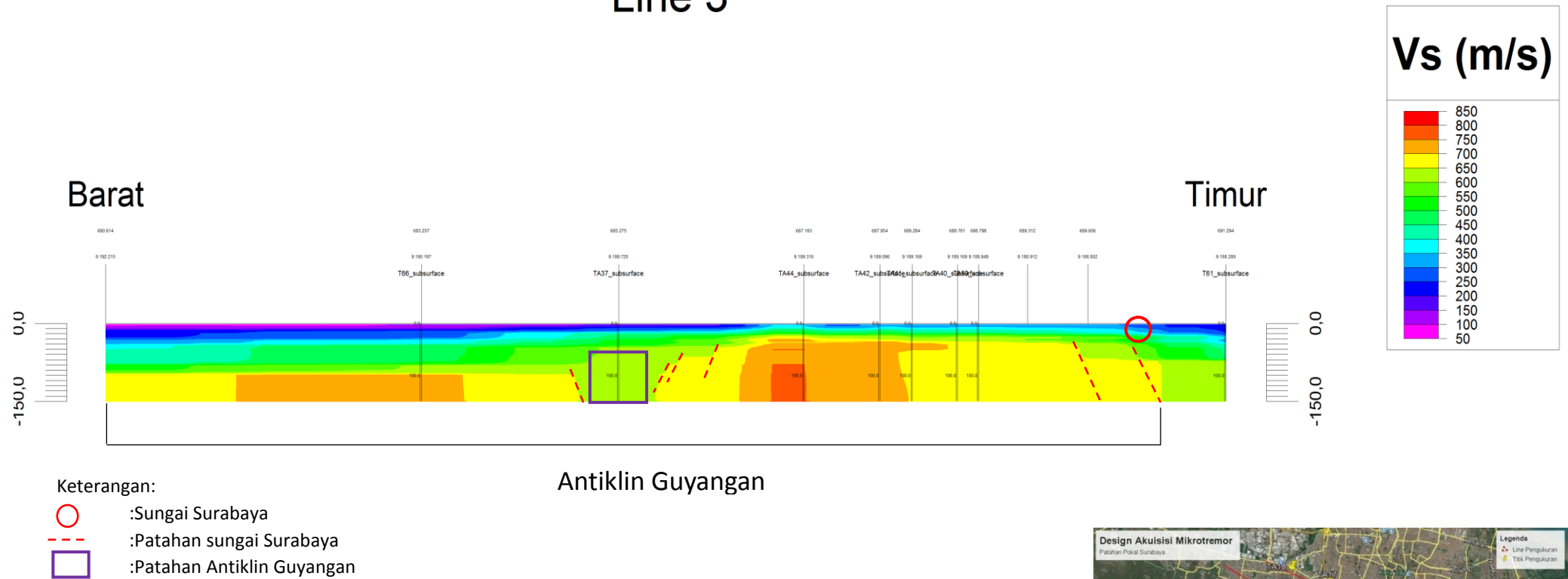
Gambar 4.7 Hasil inversi HVSr pada sayatan pertama dengan kedalaman maksimal 150 meter dan nilai kecepatan geser (Vs) 0-800 m/s

## Line 2

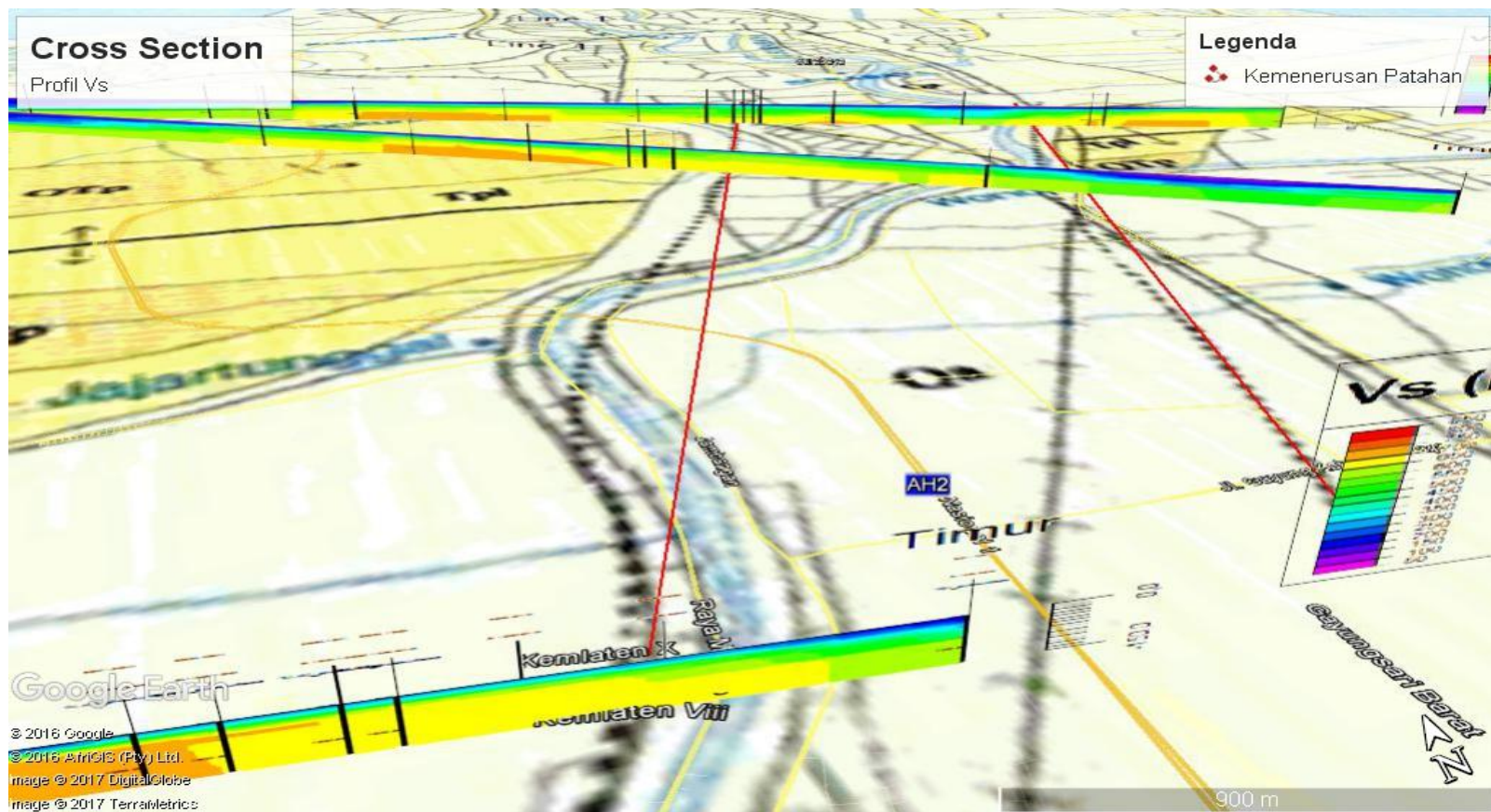


Gambar 4.8 Hasil inversi HVSR pada sayatan kedua dengan kedalaman maksimal 150 meter dan nilai kecepatan geser (Vs) 0-800 m/s

## Line 3



Gambar 4.9 Hasil inversi HVSr pada sayatan kedua dengan kedalaman maksimal 150 meter dan nilai kecepatan geser (Vs) 0-800 m/s



Gambar 4.10 Kemenerusan patahan lokal dari profil Vs dengan garis merah merupakan patahan yang berefrensi dari peta geologi Lembar Surabaya dan Sapuluh (Sukardi, 1992)

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

1. Hasil penelitian patahan lokal sungai Surabaya didapatkan nilai frekuensi dominan 2,1 Hz - 4 Hz, kedalaman sedimen 15 m – 80 m, kecepatan geser lapisan 50 m/s – 800 m/s
2. Hasil model bawah permukaan menunjukkan bahwa sungai Surabaya terbentuk oleh patahan turun mengarah utara – selatan dan terlihat kemenrusannya.

### **5.2 Saran**

1. Dalam proses akuisisi data baiknya mencari posisi yang benar-benar sepi, alat diletakan pada tanah dan pengukuran diatas menghindari paving dan aspal.
2. Dapat dilakukan inversi dengan jumlah data bor lebih diperbanyak di sekitar lokasi penelitian, sehingga hasil inversi lebih akurat.
3. Dapat dilakukan pengukuran metode geofisika lainnya seperti Geolistrik, Seismik atau Gravity untuk mendapatkan hasil identifikasi patahan lebih akurat.



***“Halaman ini sengaja dikosongkan “***

## DAFTAR PUSTAKA

- Bahri A, Syaeful, Mochamad abied Lutfi Nashir.2013. “Karakterisasi Kerusakan Bangunan Wilayah Jawa Timr Menggunakan Analisis Mikrotremor”. Fisika, FMIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Bahri A., Syaeful, Widya Utama, dan Dian Nur Aini,. 2012. “Penaksiran Resonansi Tanah dan Bangunan Menggunakan Analisis Mikrotremor Wilayah Surabaya Jawa Timur”. Fisika, FMIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- European research project. 2004. “*Guidelines For Implementation Of The H/V Spectral Ratio Technique On Ambient Vibrations, Measurments, Processing And Interpretation*”.
- Fauzi, Ahmad, Masyhur Irsyam, dan Uasama Juniansyah Fauzi. 2014. “*Empirical Correlation Of Shear Wave Velocity And N-Spt Value For Jakarta*”. Int. J. Of GEOMATE, Sept 2014, Vol 7, No. 1 (SI. No. 13), pp. 980-984.
- Grandis, H. 2009. “Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika”. Jakarta: Himpunan Ahli Geofisika Indonesia (HAGI).
- Mavko, Gary, Tapan Mukerji dan Jack Dvorkin. 2009. “*The Rock Physics Handbook: Tools For Seismic Analysis of Porous Media*”. Cambridge University Press
- Nakamura, Y. 1989. “*A Method For Dynamic Characteristicsestimation Of Subsurface Using Mikrotremor On The Ground Surface*”. Quarterly report of Railway Technical Research Institute.
- Santosa, J Bagus, Dwa Desa Warnana, dan Asmaul Mufida. 2013. “Inversi Mikrotremor Untuk *Profilling* Kecepatan Gelombang Geser (Vs) Lapisan Bawah Permukaan dan Mikozonasi Wilayah Surabaya”. Fisika, FMIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Sato, T., Y. Nakamura, J. Saita. “*The Change Of The Dynamic Characteristics Using Mikrotremor*”. The 14 th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China
- Seismology Society of America. 1999. “*Mikrotremor Measurments Used to Map Thickness of Soft Sediment*”. Buletin of the Seismology Society of America. Vol 89, No.1, pp. 250-259

- Sukardi. 1992.” *Geologi Lembar Surabaya & Sapulu, Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*”. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sungkono, B.J Santosa. 2011. “Karakterisasi Kurva *Horizontal-To-Vertical Spectral Ratio*: Kajian Literatur Dan Permodelan”. Fisika, FMIPA. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Syaifuddin, Firman , dkk. 2016. “*Microtremor Study of Gunung Anyar Mud Volcano, Surabaya, East Java*”. *AIP Conference Proceedings*
- Triwulan, Utama, W., Warnana, D.D., Sungkono. “*Vulnerability index estimation for building and ground using microtremor*”. Aptecs 2<sup>nd</sup>. International Seminar on applied Technology, Science and Arts. Graha Sepuluh Nopember, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. 21-22 Desember 2010.
- Situs : <http://web.ics.purdue.edu/~braile/edumod/slinky/slinky.htm>). Diakses pada 31 Januari 2017.
- Situs : <http://www.soiltest.sienconsultant.com/>. Diakses pada 14 Mei 2017.

## LAMPIRAN

Tabel lampiran 1. Titik pengukuran dan nilai frekuensi dominan

No	Nama Titik	x	y	frekuensi
1	TA18	687036	9196695	2,62
2	TA17	688765	9195702	3,5
3	TA16	690618	9195022	2,65
4	TA15	690812	9194968	Tidak reliable
5	TA14	690942	9194857	2,9
6	TA13	690955	9194744	2,6
7	TA12	691035	9194646	2,6
8	TA11	691123	9194641	2,3
9	TA05	692813	9193820	Tidak reliable
10	TA33	686059	9195432	3,95
11	TA32	687697	9194469	3,8
12	TA31	689751	9193072	Tidak reliable
13	TA30	689836	9192931	3,35
14	TA29	689974	9192870	3,3
15	TA28	690039	9192841	Tidak reliable
16	TA27	690263	9192697	2,9
17	TA26	690541	9192587	Tidak reliable
18	TA25	691524	9192314	Tidak reliable
19	TA01	695114	9192980	2,9
20	TA02	693946	9193249	Tidak reliable
21	TA03	692943	9193733	Tidak reliable
22	TA04	692898	9193791	3,5
24	TA06	692708	9193824	Tidak reliable
25	TA07	692526	9193913	Tidak reliable
26	TA08	692194	9193947	Tidak reliable
27	TA09	692342	9194037	Tidak reliable

28	TA37	685189	9189640	2,6
29	TA38	682501	9190080	Tidak reliable
30	TA39	688845	9188929	2,28
31	TA40	688743	9189114	2,3
32	TA41	688231	9189115	2,45
33	TA42	688030	9189093	2,75
34	TA43	687627	9189166	Tidak reliable
35	TA44	687319	9189331	4
36	TA19	694428	9190115	2,3
37	TA20	692972	9191014	2,15
38	TA21	692018	9191896	2,9
39	TA22	691859	9192006	3,45
40	TA23	691859	9192006	3,35



## BIODATA PENULIS



Nizar Dwi Riyantiyo biasa dipanggil Nizar atau Nizur lahir di Surabaya, 4 Agustus 1995 merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan di TK Aisyiah, SDN Ngagel II Surabaya (2002 – 2007), SMPN 12 Surabaya (2007 – 2010), dan SMAN 4 Surabaya (2010 – 2013). Penulis masuk di Jurusan Teknik Geofisika ITS pada tahun 2013. Selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS penulis mendapatkan banyak pengalaman berorganisasi, dimulai dari staff magang Himpunan Teknik Geofisika ITS (2014-2015) dan menjadi kepala Departemen Eksternal Himpunan Teknik Geofisika ITS (2015-2016). Beberapa kali mengikuti kegiatan kepanitiaan seperti *Petroleum Integrated Days* (PETROLIDA 2015) sebuah acara lomba dengan skala Internasional Asia Tenggara. Pernah mengikuti pelatihan *Petrophysics Training* (2015) dengan tema “*Fundamental log tool and basic log interpretation*”.

Memiliki pengalaman kerja di BPPTKG Yogyakarta (2016) dengan tema “Pengolahan Data Mikrozonasi Menggunakan Metode Hvsr Untuk Analisa Kerentanan Gempa Bumi Wilayah Cilacap” menggunakan *software* Geopsy dan Surfer. Mengikuti kuliah lapangan terpadu pada *mud vulcano* Wringinanom, Gresik, Jawa Timur (2016) dengan melakukan 5 metode geofisika (seismik refleksi dan refraksi, *microearthquake*, geolistrik *resistivity* 1D dan 2D, *Very low frequency*, magnetik) dan pengamatan geologi, melakukan kuliah lapangan Karang Sambung (2015). Mengikuti penelitian dosen dengan menggunakan metode mikrotremor pada studi kasus Gununganyar, Surabaya (2014) dan studi awal pembangunan ilang minyak di Cilacap (2017).

Penulis berpesan untuk teman-teman TG-02 agar tetap erat persaudaraan diantara kita semua, jangan pernah lupa dengan keluarga ini tetap bersilaturahmi walau nantinya jarak memisahkan, ingat dengan jargon angkatan TG-02 “KABEH DULUR” semoga kita semua sukses untuk TG-02 dan untuk seluruh anggota HMTG lainnya, teman – teman adik kelas Tg-3, TG-04, TG-05, dan TG-selanjutnya untuk selalu berkarya dan jangan pernah menyerah, perbanyak prestasi kalian karena dengan itu nama Jurusan Teknik Geofisika akan selalu terdengar dan jangan pernah kalian terpecah tetap solid dan bekerjasama untuk membangun rumah kita bersama HMTG ITS karena HMTG ITS tidak akan pernah ada jika kalian tidak ada.

Kemudian untuk seluruh anggota HMTG Sebagai penutup, penulis berjanji setelah menjadi lulusan DTG akan bersedia (jika diundang) atau

berinisiatif menjadi narasumber pada acara kuliah tamu dengan bahasan terkait Teknik Geofisika di DTG dan menjadi bagian dari Ikatan Alumni Teknik Geofisika ITS. Jika ingin berdiskusi lebih jauh terkait Tugas Akhir atau ingin menghubungi penulis dapat melalui [ndwiryantiyo@gmail.com](mailto:ndwiryantiyo@gmail.com), sekian dan terimakasih.